



## ADOPCIÓN, CONSTRUCCIÓN PARTICIPATIVA Y TRANSFERENCIA DE UN SISTEMA PARA EL CALENTAMIENTO SOLAR DE AGUA EN ESCUELA RURAL DE TUCUMÁN

Garzón, B.<sup>1</sup>, Fernández Abregú, L.<sup>2</sup>, Cejas, F., Almirón Font, S.<sup>3</sup>, Amín, A. L.<sup>4</sup>; Calazza, G.<sup>5</sup>

FAU- SeCyT - SE, UNT. CONICET, MinCyT.  
Av. Roca 1900. San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. 4000. bgarzon@gmail.com<sup>1</sup>

**RESUMEN:** Se llevan a cabo intervenciones en la Escuela de Gobernador Garmendia (Burruyacú, Tucumán) tendientes a la construcción e instalación de un dispositivo de calentamiento solar de agua diseñado para satisfacer necesidades de confort y sanitarias de los usuarios de la escuela. Se han alcanzado los objetivos y se ha logrado la aceptación de la innovación mediante el diseño y materialización, para la posterior instalación de este sistema de calentamiento y acumulación de agua a través del aprovechamiento de la energía solar. Se ha empleado la metodología de investigación-acción participativa y, en este proceso, los actores han alcanzado las acciones a través de la co-gestión y la interdisciplina.

**PALABRAS CLAVES:** Calentamiento solar de agua, Adopción y Construcción de disposiciones arquitectónicas y tecnológicas, Investigación-Acción Participativa.

### INTRODUCCIÓN

La propuesta busca brindar alternativas para el Mejoramiento del Hábitat Comunitario: Escuela que aprovechen la energía solar, en este caso para calentamiento de agua, favorezcan la inclusión social y la interacción de las experiencias cotidianas y de los saberes científicos-académicos con los populares.

Su propósito es proporcionar aportes al hábitat, la educación y la salud de los sectores rurales y promover los procesos de co-gestión y un desarrollo sostenido de estas comunidades.

### OBJETIVOS

- Promover el aprovechamiento de dispositivos de calentamiento solar de agua como alternativa conveniente en cuanto a eficiencia, economía y sustentabilidad, para elevar la calidad de vida de los pobladores rurales.
- Construir estos sistemas mediante el empleo de materiales corrientes y económicos y técnicas de fabricación sencillas.
- Demostrar la conveniencia de los sistemas de calentamiento solar de agua.
- Utilizar la investigación-acción participativa para aportar soluciones asequibles y eficientes para el sector en consideración
- Desarrollar recursos humanos comprometidos con la realidad social y ecológica actual.

### METODOLOGÍA

La metodología empleada es la investigación-acción participativa (IAP) tanto a nivel comunitario como a nivel de formación de pregrado, grado y postgrado.

Esta metodología es una forma de investigación colectiva de auto-reflexión emprendidas por los participantes en situaciones sociales con el fin de mejorar la racionalidad y la justicia de sus propias prácticas sociales o educativas, así como su comprensión de esas prácticas y las situaciones en que las prácticas se llevan a cabo. (Caldeiro, G.P. y Vizcarra, M.C. 2005. [1]).

En contextos modernos, la investigación-acción participativa reúne las siguientes características:

- Es democrática, permitiendo la participación de todas las personas.

<sup>1</sup> Directora Proyecto Facultad de Arquitectura y Urbanismo-Secretaría de Ciencia y Técnica – Docente Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán. Investigadora; Directora Proyecto CONICET-MinCyT. Responsable Programa de Voluntariado, Secretaría de Extensión, Universidad Nacional de Tucumán. Miembro Asociado de INENCO.

<sup>2</sup> Investigador Secretaría de Ciencia y Técnica - Docente Escuela de Agricultura y Sacarotecnia, Universidad Nacional de Tucumán. Integrante Programa Nacional de Voluntariado, Secretaría de Extensión, Universidad Nacional de Tucumán.

<sup>3</sup> Integrantes Proyecto Facultad de Arquitectura y Urbanismo-Secretaría de Ciencia y Técnica, Universidad Nacional de Tucumán. Integrantes Programa Nacional de Voluntariado, Secretaría de Extensión, Universidad Nacional de Tucumán.

<sup>4</sup> Becaria e Integrante Proyecto Facultad de Arquitectura y Urbanismo-Secretaría de Ciencia y Técnica, Universidad Nacional de Tucumán. Integrantes Programa Nacional de Voluntariado, Secretaría de Extensión, Universidad Nacional de Tucumán.

<sup>5</sup> Técnico Escuela de Agricultura y Sacarotecnia, Universidad Nacional de Tucumán.

- Es liberadora, proporcionando libertad de la opresión y de condiciones debilitantes.
- Es equitativa, reconociendo la igualdad de las personas y de su valía
- Se mejora la calidad de vida, permitiendo la expresión del potencial humano de las personas. (Stringer, 1999. [2]).

Una premisa fundamental de la investigación-acción basada en la comunidad es que se comienza con un interés por los problemas de un grupo, una comunidad, o una organización.

Su propósito es ayudar a las personas que puedan ampliar su comprensión de su situación y por lo tanto resolver los problemas que se enfrentan.

Por otro lado, constituye uno de los modelos más adecuados para fomentar la calidad de la enseñanza e impulsar profesionales y estudiantes reflexivos comprometidos socialmente y en continua formación. (Rincón, 1997. 3)].

## RESULTADOS OBTENIDOS

### *Conformación y organización del equipo de trabajo.*

La primera etapa consistió en la formación del equipo y subgrupos de trabajo. Los miembros se organizaron complementando sus destrezas y capacidades y previendo que contribuyan al cumplimiento de condiciones básicas; valores personales homogéneos, condiciones para la objetividad y criterio abierto entre otras.

El trabajo de cooperativo aumentó el rendimiento en el proceso de investigación: los objetivos de trabajo autoimpuestos por los propios integrantes del equipo, potencian más el esfuerzo para conseguir buenos resultados que los objetivos impuestos desde el exterior.

Asimismo, amplía el campo de experiencia de los actores y aumenta sus habilidades comunicativas al entrenarlos en el reconocimiento de los puntos de vista de los demás al potenciar las habilidades de trabajo grupal, ya sea para defender los propios argumentos o reconstruir argumentaciones a través del intercambio.

Un desafío radicó en el hecho que al desarrollar actividades en grupos de trabajo es fundamental encontrar el punto de equilibrio entre las expectativas sociales grupales y las individuales.

### *Determinación del campo de intervención.*

En un segundo momento de este proceso, se delineó el área de influencia de las acciones, a partir de un análisis minucioso de las necesidades de los distintos sectores de la provincia y la factibilidad y beneficios de la intervención en cada uno de ellos.

A partir de experiencias en gabinete y campo previas realizadas durante instancias de transferencia de innovaciones, llevadas a cabo en distintos comunidades rurales de la provincia de Tucumán, es que se seleccionó a la localidad de Garmendia, en general, y a su escuela, en particular, como sitio de implantación del primer sistema fabricado.

Estas primeras transferencias se habían realizado empleando el Taller como herramienta para la experimentación, demostración, evaluación y apropiación de lo generado, a través de reuniones comunitarias, charlas formativas y muestras interactivas.

En ocasiones de visitas a la Escuela de Garmendia se pudo constatar la demanda de mejorar su infraestructura edilicia y tras analizar las necesidades con las autoridades se pudo verificar la eficiencia de los talleres de difusión llevados a cabo, puesto que se hizo evidente la preocupación de los destinatarios por la mejora de las condiciones de habitabilidad y sanitarias, es decir, de confort y de salud.

### *Caracterización de la zona en consideración.*

La localidad de Gobernador Garmendia (Figura 1) es un pequeño poblado situado a 86 km de la ciudad de San Miguel de Tucumán (Figura 2).

El clima presenta condiciones de semi-aridez, con una fuerte estacionalidad debida a un invierno seco y a la concentración de las precipitaciones (500 a 650 mm al año) en la temporada estival.

Las temperaturas extremas alcanzan registros cuyos valores superan en ocasiones los 40°C en verano y llegan a ser inferiores a -5°C en invierno. (Servicio Meteorológico Nacional. 1992. [4]).

Sólo existen ríos estacionales que corren por las laderas de las sierras vecinas, los cuales se pierden en el piedemonte sin formar cauces en la llanura.



Figura 1. Gobernador Garmendia



Figura 2. Escuela de Gdor. Garmendia

#### *Descripción del sistema*

El sistema diseñado se encuentra compuesto por diferentes partes:

- Panel captador de la radiación solar.
- Dos tanques acumuladores plásticos aislados térmicamente, uno de ellos provisto de sistema de flotante.
- Cañerías de interconexión de polipropileno.
- Estructura soporte de los componentes

#### *Dimensionado.*

Con el apoyo del software RADSOL-V01 (Negrete, 1999. [5]) se ha estimado los valores de la radiación solar en el emplazamiento.

Por otro lado, se ha calculado una superficie de 2 [m<sup>2</sup>] para una demanda de 120 [lts./día], implicando una energía necesaria de 4 [KWh/m<sup>2</sup>/día], un rendimiento estimado del 50% e inclinación igual a 36° (Garzón, B.; Míguez, M.; García Posse, M. G. 2008. [6]).

#### *Construcción del Panel.*

Fue fabricado en los talleres de la Escuela de Agricultura y Sacarotecnia de la Universidad Nacional de Tucumán (EAS, UNT) por docentes-investigadores-extensionistas y alumnos de la escuela y de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán (FAU, UNT).

Antes de comenzar la construcción, se realizó una reunión preliminar para acordar los pasos a seguir y coordinar otras cuestiones organizativas tales como la división de las tareas y el rol de cada uno de los participantes.

Para la construcción de la caja o bastidor, se procedió a marcar la chapa para el corte con exactitud y posterior plegado de las piezas perimetrales de la misma, usando chapa cincada N° 18 (Figuras 3 y 4).

Las piezas se unieron mediante remaches, ubicados en los lugares necesarios.



Figuras 3 y 4. Corte y perforado de la chapa para la conformación de la caja.

Una vez conformada, se instaló el aislamiento térmico, consistente en piezas de Poliestireno expandido de Alta Densidad y luego una poliespuma para evitar las pérdidas de calor que comprometerían el desempeño del sistema (Figuras 5 y 6).

Posteriormente, se colocó una chapa también cincada, pintada color negro mate que contribuirá a la absorción de la radiación solar.

Se usó una pintura adecuada para tratar superficies cincadas.

Asimismo, el aislamiento térmico y la chapa tratada cubren los lados perimetrales del recinto colector y se cuidó, especialmente, el sellado de todas las juntas a fin de disminuir las pérdidas de calor



Figuras 5 y 6. Armado de la Caja y Colocación del aislante térmico.

Posteriormente, se presentaron las piezas de polipropileno -PP-, con dimensiones adecuadas para armar las tuberías colectoras, diseñadas con tramos verticales separados convenientemente, conectadas a una tubería colectora inferior, por donde entra el agua de menor temperatura y otra tubería colectora superior, por donde sale el agua calentada (Figuras 7 y 8).

El material de las tuberías es resistente a la acción de la radiación UV.

Las piezas componentes fueron verificadas en sus dimensiones y se procedió al conexionado correspondiente, realizando las correcciones y ajustes pertinentes.

Para posibilitar la entrada y salida, se realizaron perforaciones en las paredes laterales lado izquierdo y derecho del colector.

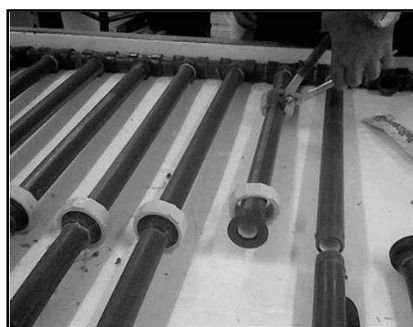
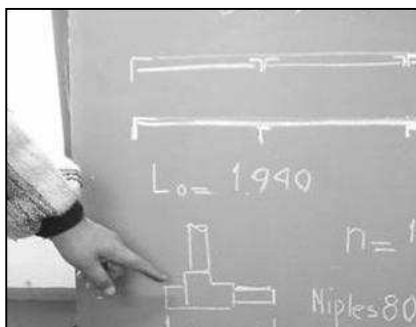


Figura 7 y 8. Dimensionado y Parrilla de cañerías.

Previo al montaje definitivo, se realizaron las pruebas hidráulicas pertinentes para asegurar que no se presenten pérdidas en las uniones.

Como existen muchas conexiones fue necesario eliminar varias fallas de estanqueidad.

Dado que la conductibilidad térmica del PP es baja, se procedió a pintarlo color negro mate, también, con pintura adecuada para incrementar la absorción térmica.

Para posibilitar la acumulación de calor, la caja fue cerrada con una cubierta de vidrio.

Para el montaje del vidrio, se cuidó especialmente que la superficie de apoyo del mismo esté en un mismo plano corrigiendo los desniveles resultantes del ensamble de piezas componentes del bastidor.

El marco exterior de fijación del vidrio también es de chapa de acero cincada y sus dimensiones permiten la dilatación diferencial de la placa de vidrio, con respecto a las piezas de acero y, también, con las correspondientes obturaciones para evitar la entrada de agua o polvo exterior.

Para registrar las temperaturas alcanzada en el interior del recinto colector, está prevista la instalación de termómetros, para comparar con la temperatura ambiente circundante.

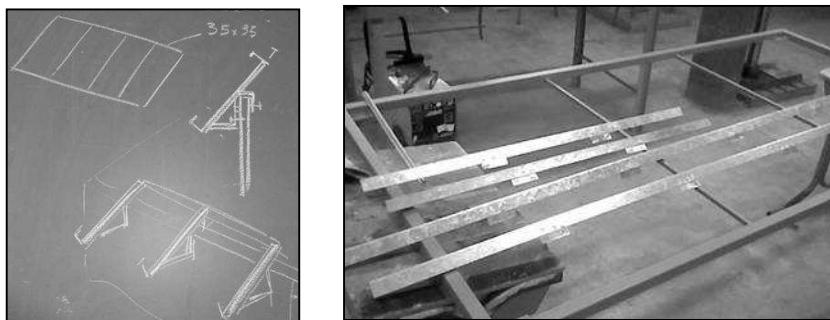
Además, se instalarán termómetros en los tanques de acumulación, para elaborar los registros gráficos de las variaciones de temperatura.

#### *Acumulación del Agua.*

El sistema está provisto con dos tanques de almacenamiento de agua de Polipropileno, con su correspondiente aislamiento térmico. El primer tanque funciona como regulador de nivel y acumulación de agua con temperatura media. El otro sirve para acumular agua con mayor temperatura y el que tiene salida para el consumo. El agua fría del suministro se incorpora por una tubería independiente.

### *Soporte del Panel*

En el diseño, también, debieron ser incluidos elementos complementarios tales como la estructura de sostén del panel captador y el soporte de los tanques de almacenamiento sobreelevados (Figuras 9 y 10).



Figuras 9 y 10. Componentes soporte de Panel.

### *Integración del Panel al Edificio.*

Se iniciaron las tareas con el relevamiento del edificio escolar. Las autoridades facilitaron el acceso a documentación planimétrica (Figura 11) del mismo.

Sin embargo, al ser verificada in situ, se pudo corroborar que lo representado distaba de lo efectivamente construido, por lo tanto, se procedió a realizar las correcciones que luego se volcaron en nuevos planos (Figura 12) cuya confección fue asistida por el programa AutoCAD (Figura 12).

Simultáneamente se realizó la inspección visual y fotográfica para relevar cualitativamente las instalaciones y detectar las fortalezas y debilidades del edificio en relación con los servicios que debe prestar.

Para esta tarea se realizaron frecuentes entrevistas con los diferentes miembros de la comunidad educativa.

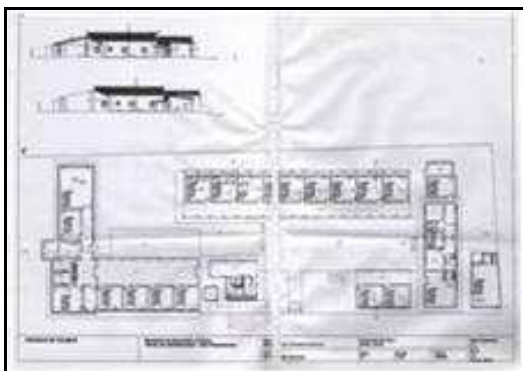


Fig. 11. Documentación existente

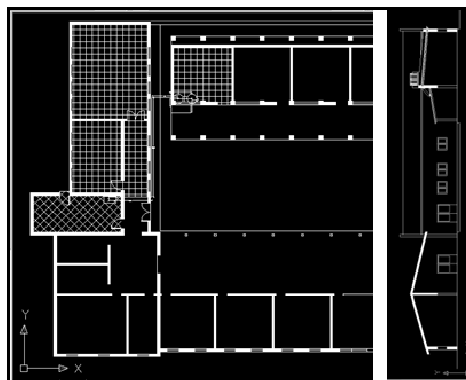
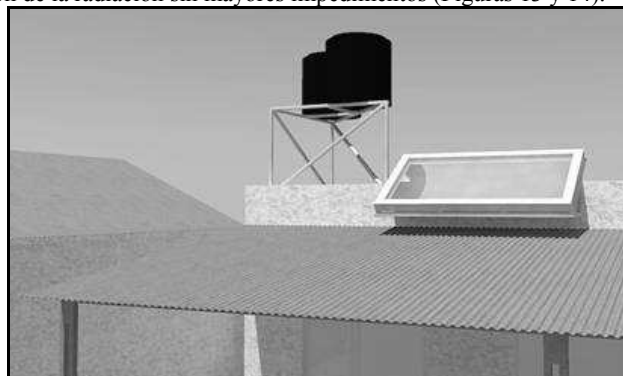


Fig. 12. Planimetría confeccionada con AutoCAD

Con las dimensiones, hubo que ponderar la mejor ubicación para el aparato, puesto que la escuela se encuentra rodeada por frondosos árboles que podrían comprometer la eficiencia del sistema.

Finalmente, se decidió colocarla sobre las aulas que se alinean frente al salón del comedor por encontrarse próximas a la zona que requiere el servicio y en un área que permite la captación de la radiación sin mayores impedimentos (Figuras 13 y 14).



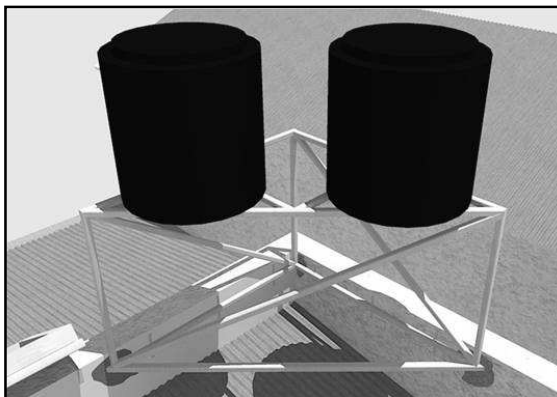
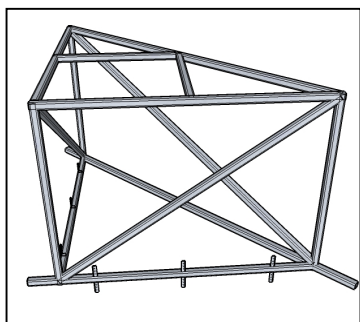
Figuras 13 y 14. Ubicación y orientación de captador solar y tanques de almacenamiento

Además de las ventajas enunciadas, la ubicación del dispositivo en el lugar elegido, permitirá la visualización del mismo desde el patio principal, por lo que podrá ser apreciado por todos los miembros de la comunidad escolar, en particular, y de Garmendia, en general.

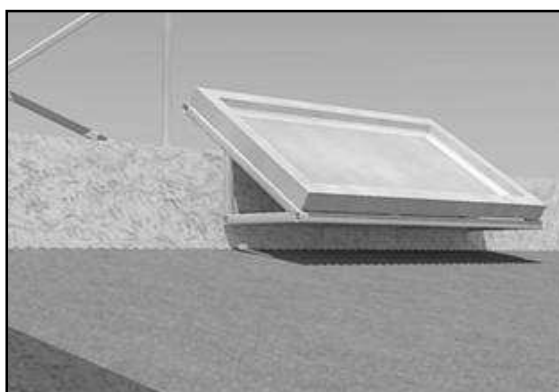
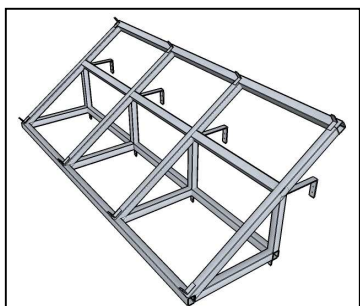
La instalación será contemplada por numerosos niños, que transmitirán a todo su entorno familiar la aplicación de las nuevas tecnologías no contaminantes.

Un desafío consistió en la pauta de intentar lograr la mayor eficiencia, buscando economía de recursos y tratando de adaptar la innovación para incorporarla al edificio preexistente mediante una intervención mínima.

En esta etapa se recurrió a softwares de diseño de modelos tridimensionales para el diseño y dimensionado del panel, los tanques de acumulación y las estructuras soportes correspondientes (Figuras 15 a 18).

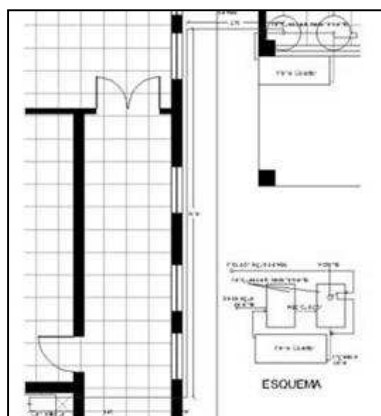
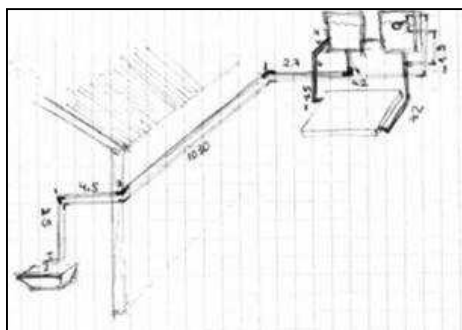


Figuras 15 y 16. Modelo virtual de soporte de los tanques de almacenamiento de agua y de su ubicación.



Figuras 17 y 18. Modelo virtual del soporte del Panel solar y de su ubicación.

A continuación se elaboró el cómputo métrico (Figura 19) y se confeccionó el presupuesto detallado. También, se realizó documentación pertinente para facilitar la instalación del sistema (Figura 20).



Figuras 19. Esquema de la instalación.

Figuras 20. Trazado de la instalación.

La instalación del sistema en el edificio escolar está por comenzar.

## CONCLUSIONES

Las escuelas en las zonas rurales, como la escuela de Gobernador Garmendia, se constituyen como Centros Comunitarios de referencia y motores para el desarrollo local. Con esta propuesta, se puede brindar alternativas para el mejoramiento del hábitat comunitario que aprovechen la energía solar, favorezcan la inclusión social y se produzca en estos centros una integración de las experiencias cotidianas y de los conocimientos científicos con los saberes populares.

A través de las distintas etapas del proceso, a partir de los relevamientos, entrevistas y la observación de la realidad local, los participantes se han encontrado involucrados con la forma de vida y las condiciones socio-económicas de la localidad de implantación, lo cual ha movilizó aún más al equipo en la búsqueda de alcanzar las soluciones más convenientes. Asimismo, demostraron un alto grado de interés por la incorporación de tecnologías con uso de energía renovable, en este caso la solar, tendientes a mejorar su calidad de vida y la propuesta fue ampliamente aceptada por toda la comunidad.

Los participantes han demostrado interés en conocer los fundamentos termo-físicos y ambientales y las posibilidades tecnológicas de estas instalaciones y podrán corroborar las ventajas comparativas de las instalaciones.

De este modo, gracias a la concurrencia entre disposiciones arquitectónicas y tecnológicas y mediante una metodología inclusiva, tendiente al aprendizaje-servicio y la producción activos, se posibilita una solución a los problemas de infraestructura del edificio escolar, contemplando como pautas la economía, la sostenibilidad y la preservación del medio ambiente.

Por otro lado, las autoridades de las instituciones involucradas han manifestado su beneplácito y apoyo, colaborando en la medida de sus posibilidades.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Caldeiro, G. P. y Vizcarra, M. C. (2005). El trabajo cooperativo en el aula. [http://educacion.idoneos.com/index.php/Dinámica\\_de\\_grupos/Trabajo\\_cooperativo](http://educacion.idoneos.com/index.php/Dinámica_de_grupos/Trabajo_cooperativo).
- [2]. Rincón Igea, D. (1997). Investigación acción – cooperativa. En MJ. Gregorio Rodríguez (71 - 97): Memorias del seminario de investigación en la escuela. Santa fe de Bogotá Diciembre de 1997. Quebecor Impreandes.
- [3]. Stringer, E. T. (1999) Action Research 2e. En Smith, M. K. (1996; 2001, 2007) 'Action research', the encyclopedia of informal education, [www.infed.org/research/b-actres.htm](http://www.infed.org/research/b-actres.htm).
- [4]. Servicio Meteorológico Nacional. Estadísticas Climatológicas Período 1981-1990. 1992. Buenos Aires, Argentina.
- [5]. Garzón, B.; Míguez, M., García Posse, M. G. 2008. Núcleo sanitario básico no convencional para el hábitat popular de Tucumán, Argentina. Págs. 73 - 82. TECBAHIA. Vol. 22; N° 1-3. CEPED. ISSN 0104 - 3285.
- [6]. Negrete, J. 1999. RadSol-V01.

**ABSTRACT:** Interventions are being conducted in the School of Gobernador Garmendia (Burrucacú, Tucumán) for the adoption, construction and installation of a water solar heating. It has been designed to satisfy water needs for comfort and health of school users. The objectives have been reached and the acceptance of that innovation was achieved by designing and building, for its subsequent installation. Participative Action-Research Methodology has been used and, in this process, the actors have achieved the actions through co-gestion and interdisciplinary work.

**KEY WORDS:** Solar water heating, Adoption and Construction of Architectural and Technological Dispositions, Participative Research-Action.